

**Pengaruh Jumlah Parasetamol sebagai Bahan Aktif dalam
Membran PVA Terhadap Kinerja Sensor Potensiometri
Parasetamol**

SKRIPSI

Oleh:

**HANNISA TRIESANI MANDIRI
145090200111022**



JURUSAN KIMIA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018



**Pengaruh Jumlah Parasetamol sebagai Bahan Aktif dalam
Membran PVA Terhadap Kinerja Sensor Potensiometri
Parasetamol**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang kimia**

Oleh:

HANNISA TRIESANI MANDIRI

145090200111022



JURUSAN KIMIA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM**

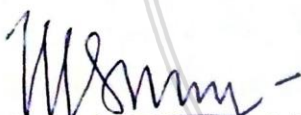
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**Pengaruh Jumlah Parasetamol sebagai Bahan Aktif dalam Membran PVA Terhadap Kinerja Sensor Potensiometri Parasetamol****Oleh:****Hannisa Triesani Mandiri
145090200111022**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal **19 JUL 2018**
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang kimia

Pembimbing I**Pembimbing II**

Dr. Ani Mulyasuryani, MS
NIP. 196306281991032001



Barlah Rumhayati, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197404292000032001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya



Masruri, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197310202002121001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang betanda tangan dibawah ini:

Nama : Hannisa Triesani Mandiri

NIM : 145090200111022

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul:

Pengaruh Jumlah Parasetamol sebagai Bahan Aktif dalam Membran PVA Terhadap Kinerja Sensor Potensiometri Parasetamol

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub diisi dan tertulis di daftar pustaka dalam tugas akhir ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juli 2018

Yang menyatakan,

(Hannisa Triesani Mandiri)

NIM. 145090200111022

Pengaruh Jumlah Parasetamol sebagai Bahan Aktif dalam Membran PVA Terhadap Kinerja Sensor Potensiometri Parasetamol

ABSTRAK

Penentuan kadar parasetamol dapat dilakukan secara elektrokimia dengan menggunakan sensor potensiometri. Penelitian ini mempelajari pengaruh kadar bahan aktif terhadap bilangan Nernst dan karakterisasi terhadap sensor yang telah dibuat. Kadar parasetamol (% w/w) yang dipelajari adalah 1%, 2%, dan 3%. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan larutan parasetamol dengan konsentrasi 10^{-9} M hingga 5×10^{-3} M pada pH 7 tanpa pengaturan pH. Karakter sensor yang diketahui meliputi pH kerja, bilangan Nernst, kisaran konsentrasi, dan waktu respon. Sensor potensiometri parasetamol dibuat dengan melapisi permukaan *Screen Printed Carbon Electrode* (SPCE) dengan membran selektif PVA terikat silang glutaraldehid sebanyak 5 μ L. Berdasarkan hasil penelitian, peningkatan kadar parasetamol sebagai bahan aktif dalam membran dapat meningkatkan bilangan Nernst. pH larutan yang dipelajari adalah 7, 8, 9, 10, dan 11. Sensor parasetamol menunjukkan kinerja terbaik pada pH 10. Kinerja tersebut adalah nilai bilangan Nernst sebesar 35,8 mV/dekade pada kisaran konsentrasi 10^{-9} – 10^{-4} M dengan waktu respon 170 detik.

Kata kunci: sensor parasetamol, kadar bahan aktif, membran PVA

Effect of The Amount of Paracetamol as Active Material in PVA Membrane To The Performance of Paracetamol Potentiometric Sensor

ABSTRACT

Determination of paracetamol could be done electrochemically by using potentiometric sensor. This research studied the effect of the amount of active material on Nernst factor and characterization on sensor that has been made. The amount of paracetamol (% w/w) used in this study were 1%, 2%, and 3%. The measurements were carried out in paracetamol solution at concentrations of 10^{-9} to 5×10^{-3} M at pH 7 without adjustment. Sensor characteristics which were studied include working pH, Nernst factor, concentration range, and response time. The paracetamol potentiometric sensor was made by coating the surface of a Screen Printed Carbon Electrode (SPCE) with 5 μ L PVA selective membrane crosslinked with glutaraldehyde. Based on the results of the study, increased levels of paracetamol as an active material in the membrane could increase the Nernst factor. The pH of the studied solution were 7, 8, 9, 10, and 11. Paracetamol sensor showed the best performance at pH 10. The performance was a Nernst value of 35.8 mV/decade in the concentration range 10^{-9} to 10^{-4} M with response time of 170 seconds.

Keywords: paracetamol sensor, the amount of active material, PVA membrane

KATA PENGANTAR

Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Jumlah Parasetamol sebagai Bahan Aktif dalam Membran PVA Terhadap Kinerja Sensor Potensiometri Parasetamol”** merupakan laporan penelitian mengenai pembuatan sensor potensiometri parasetamol beserta karakterisasi terhadap sensor parasetamol. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang kimia di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan nikmat, rahmat, karunia, serta hidayat-Nya yang senantiasa diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian serta penyusunan skripsi dengan lancar pada waktu yang telah ditentukan. Skripsi ini berisi informasi tentang pengaruh jumlah bahan aktif dalam sensor parasetamol terhadap bilangan Nernst serta karakterisasi sensor untuk mengetahui kinerja sensor parasetamol yang telah dibuat.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Namun, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan wawasan mengenai sensor potensiometri parasetamol bagi para pembaca. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan masukan dan dukungan dalam penyusunan skripsi ini.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sensor Potensiometri	5
2.2. Sensor Parasetamol	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	11
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	11
3.3. Tahapan Penelitian	11
3.3.1. Pembuatan sensor parasetamol	11
3.3.2. Pengukuran potensial sel	11
3.4. Prosedur Kerja	11
3.4.1. Pembuatan larutan membran PVA	11
3.4.2. Pengaruh kadar parasetamol (w/w) dalam membran	13
3.4.3. Penentuan pH kerja	13
3.4.4. Karakterisasi sensor parasetamol	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1. Pengaruh Jumlah Parasetamol sebagai Bahan Aktif dalam Membran terhadap Bilangan Nernst	15
4.2. Karakterisasi Sensor Potensiometri Parasetamol	16
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	21
5.1. Kesimpulan	21

5.2. Saran

21

DAFTAR PUSTAKA

22

LAMPIRAN

27

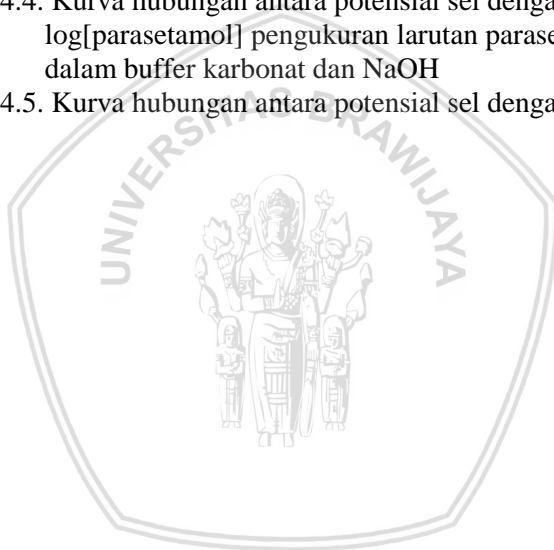


DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Komposisi Membran PVA-nanopartikel Fe ₃ O ₄ : Parasetamol 1% (w/w)	12
Tabel 3.2 : Komposisi Membran PVA-nanopartikel Fe ₃ O ₄ : Parasetamol 2% (w/w)	12
Tabel 3.3 : Komposisi Membran PVA-nanopartikel Fe ₃ O ₄ : Parasetamol 3% (w/w)	12
Tabel 4.1 : Pengaruh kadar parasetamol dalam membran terhadap bilangan Nernst	16
Tabel 4.2 : Perbandingan nilai bilangan Nernst sensor parasetamol pada pengukuran larutan parasetamol dalam NaOH pH 7, 8, 9, 10, dan 11	17
Tabel H.1 : Pengukuran potensial sel sensor dengan parasetamol 1%	40
Tabel H.2 : Pengukuran potensial sel sensor dengan parasetamol 2%	40
Tabel H.3 : Pengukuran potensial sel sensor dengan parasetamol 3%	41
Tabel H.4 : Pengukuran potensial sel pada pH 7	41
Tabel H.5 : Pengukuran potensial sel pada pH 8	42
Tabel H.6 : Pengukuran potensial sel pada pH 9	42
Tabel H.7 : Pengukuran potensial sel pada pH 10	43
Tabel H.8 : Pengukuran potensial sel pada pH 11	43
Tabel H.9 : Pengukuran potensial sel pH 10 dalam buffer karbonat	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Parasetamol	9
Gambar 2.2. Deprotonasi Parasetamol	9
Gambar 4.1. Kurva hubungan potensial sel dengan $-\log[\text{parasetamol}]$ elektroda dengan kadar parasetamol 1%, 2%, dan 3%	15
Gambar 4.2. Kurva hubungan antara pH dengan bilangan Nernst	16
Gambar 4.3. Kurva hubungan antara potensial sel (mV) dengan $-\log[\text{parasetamol}]$ hasil pengukuran larutan parasetamol pada pH 10 dalam NaOH	18
Gambar 4.4. Kurva hubungan antara potensial sel dengan $-\log[\text{parasetamol}]$ pengukuran larutan parasetamol pH 10 dalam buffer karbonat dan NaOH	19
Gambar 4.5. Kurva hubungan antara potensial sel dengan waktu	19



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Tahapan Penelitian	27
Lampiran B. Preparasi Parasetamol	28
Lampiran C. Pembuatan Nanopartikel Fe_3O_4	29
Lampiran D. Pembuatan Membran PVA	30
D.1 Perhitungan preparasi larutan membran	30
D.2 Perhitungan kadar parasetamol dalam membran	31
Lampiran E. Pembuatan Larutan Uji Parasetamol	33
E.1 Perhitungan preparasi larutan parasetamol 10^{-2} M	33
E.2 Pembuatan larutan uji parasetamol $5 \times 10^{-3} - 10^{-9}$ M	33
Lampiran F. Pembuatan Larutan Buffer Karbonat	34
F.1 Perhitungan preparasi larutan NaHCO_3 0,01 M	34
F.2 Perhitungan preparasi larutan Na_2CO_3 0,01 M	34
F.3 Perhitungan pembuatan buffer karbonat pH 10	34
F.4 Prosedur pembuatan larutan buffer karbonat	34
Lampiran G. Perhitungan pada Hasil dan Pembahasan	36
G.1 Perhitungan jumlah mol parasetamol dalam membran	36
G.2 Perhitungan α pada pH 7, 8, 9, 10, 11	37
Lampiran H. Data Hasil Penelitian	40
H.1 Data potensial sel pengaruh kadar parasetamol dalam membran	40
H.2 Data potensial sel karakterisasi sensor parasetamol	41

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Parasetamol atau asetaminofen merupakan obat pereda nyeri atau biasa dikenal sebagai obat analgesik dan antipiretik. Secara umum, parasetamol aman dan tidak memiliki efek toksik pada kesehatan manusia bila dikonsumsi dalam dosis yang tepat [1]. Dosis maksimal parasetamol yang dapat dikonsumsi oleh manusia adalah 4 g/hari untuk orang dewasa dan 60 – 360 mg/hari untuk anak-anak [2]. Apabila konsumsi parasetamol melebihi dosis yang ditentukan, maka dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti hepatotoksitas dan nefrotoksitas [3]. Selain itu, tidak semua obat parasetamol yang beredar memiliki kadar yang sesuai dengan yang tertera pada kemasan. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian kadar parasetamol dalam obat secara terus menerus dengan menggunakan metode penentuan kadar parasetamol yang akurat [4].

Metode penentuan kadar parasetamol dalam obat yang telah dikembangkan adalah metode spektrofotometri, *high performance liquid chromatography* (HPLC), titrimetri, dan elektrokimia [3]. Penentuan kadar parasetamol dengan metode spektrofotometri didasarkan pada penyerapan radiasi sinar ultraviolet oleh gugus kromofor dan aoksokrom yang terdapat pada struktur parasetamol. HPLC merupakan metode yang paling umum dalam penentuan kadar parasetamol karena memiliki sensitivitas yang tinggi [5]. Metode penentuan kadar parasetamol secara elektrokimia dengan sensor potensiometri telah dikembangkan sebagai metode analisis yang selektif dan akurat [4].

Sensor potensiometri adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi analit berdasarkan pengukuran secara potensiometri. Informasi mengenai komposisi sampel diperoleh melalui perbedaan potensial yang terukur antara elektroda indikator dan elektroda pembanding [6]. Elektroda indikator pada sensor potensiometri disebut elektroda selektif ion (ESI) [7]. ESI terdiri dari beberapa komponen, yaitu konduktor, membran, dan larutan internal yang mengandung bahan aktif [8]. Saraswathyamma, dkk. pada tahun 2008 mengembangkan sensor potensiometri untuk analisis parasetamol dengan elektroda membran cair *Poly Vinyl Chloride*

(PVC) dan elektroda pasta karbon menggunakan Mn(III)Cl-tetrakis[3,5-bis(t-butyl)-phenyl]porphyrin (Mn(III)-porphyrin 1) sebagai bahan aktif dalam larutan internal dan menghasilkan batas deteksi $3,9 \times 10^{-5}$ M [9]. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sensor potensiometri parasetamol menggunakan konduktor yang terbuat dari karbon, yaitu *screen printed carbon electrode* (SPCE), membran *molecularly imprinted polymer* (MIP) dari *poly vinyl alcohol* (PVA), dan parasetamol sebagai bahan aktif dalam larutan internal.

Molecularly imprinted polymer (MIP) merupakan teknik polimerisasi dengan menggunakan pereaksi pengikat silang untuk menghasilkan suatu polimer. Polimer yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pengemban dari suatu molekul, sehingga diharapkan MIP dapat digunakan sebagai membran selektif dalam sensor potensiometri [10]. Salah satu polimer yang dapat digunakan untuk membuat MIP adalah *poly vinyl alcohol* atau PVA. PVA memiliki sifat mudah larut dalam air, memiliki kestabilan mekanik, fleksibel, mudah dibentuk menjadi film, dan tidak beracun [11]. PVA diikat silang dengan glutaraldehid untuk mengurangi hidrofilisitas membran sehingga dapat dihasilkan membran yang stabil [12,13].

Selektivitas sensor potensiometri dipengaruhi oleh bahan aktif yang ada didalam membran. Ion analit yang akan diukur ditambahkan pada membran sebagai bahan aktif dalam jumlah tertentu, sehingga dapat dihasilkan membran yang selektif. Potensial sel yang dihasilkan pada ESI dipengaruhi oleh perbandingan konsentrasi bahan aktif dalam membran dengan konsentrasi analit [6]. Selain itu, jenis material sensor berupa partikel berukuran nanometer juga dapat mempengaruhi selektivitas sensor. Salah satu nanopartikel yang dikembangkan untuk sensor adalah magnetit (Fe_3O_4) karena memiliki konduktivitas yang baik dan dapat meningkatkan sinyal sensor potensiometri yang terukur [14]. Pada penelitian ini digunakan nanopartikel Fe_3O_4 untuk meningkatkan kinerja sensor potensiometri.

Pada pengukuran kadar parasetamol dengan sensor potensiometri, parasetamol dapat dideteksi dalam bentuk ion maupun molekul. Pembentukan ion parasetamol dalam larutan dipengaruhi oleh perubahan pH, karena parasetamol merupakan senyawa fenol tersubstitusi yang bersifat asam lemah dengan pKa sebesar 9,5 [15]. Pada pH dibawah nilai pKa, parasetamol terdapat sebagai spesi netral, sedangkan pada pH diatas nilai pKa terjadi deprotonasi parasetamol [16]. Pada penelitian yang dilakukan Saraswathyamma, dkk. sensor

potensiometri dapat mendeteksi parasetamol dalam bentuk netral pada pH 5,5 dan menghasilkan bilangan Nernst sebesar 45,7 mV/dekade [9]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dipelajari pengaruh pH terhadap nilai bilangan Nernst yang dihasilkan sensor potensiometri parasetamol pada pH 7, 8, 9, dan 10.

Kinerja sensor potensiometri ditentukan oleh nilai faktor Nernst, kisaran konsentrasi, dan batas deteksi. Kisaran konsentrasi merupakan batas bawah dan batas atas konsentrasi analit yang memenuhi persamaan. Kisaran konsentrasi analit yang dapat diukur dan faktor Nernst merupakan dua parameter yang saling berkaitan, karena nilai faktor Nernst ditentukan pada kisaran konsentrasi tersebut [17]. Sensor potensiometri yang baik memiliki limit deteksi yang rendah, kisaran konsentrasi yang lebar, dan nilai faktor Nernst yang mendekati nilai teoritis, yaitu 59,2 mV/dekade untuk ion monovalen [18].

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jumlah bahan aktif dalam membran selektif PVA terhadap bilangan Nernst?
2. Bagaimana karakteristik dari sensor potensiometri parasetamol yang telah dibuat?

1.3. Batasan Masalah

1. Elektroda yang digunakan adalah *Screen Printed Carbon Electrode* (SPCE) dengan ukuran 4,7 cm x 1 cm
2. Elektroda pembanding yang digunakan adalah Ag/AgCl
3. Karakteristik sensor parasetamol yang ditentukan meliputi pH kerja, nilai bilangan Nernst, kisaran konsentrasi, dan waktu respon
4. pH larutan yang dipelajari adalah 7, 8, 9, 10, 11
5. Membran selektif PVA yang digunakan sebanyak 5 μ L

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh konsentrasi parasetamol dalam membran selektif PVA terhadap kinerja sensor potensiometri
2. Mengetahui karakteristik dari sensor potensiometri parasetamol yang telah dibuat.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menyediakan informasi mengenai pembuatan sensor potensiometri parasetamol menggunakan membran selektif PVA serta kinerja sensor potensiometri parasetamol.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Sensor Potensiometri

Sensor potensiometri adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi konsentrasi analit berdasarkan pengukuran secara potensiometri. Informasi mengenai komposisi sampel diperoleh melalui perbedaan potensial yang terukur antara elektroda indikator dan elektroda pembanding [6]. Elektroda pembanding memiliki nilai potensial tetap dan tidak dipengaruhi oleh larutan analit. Elektroda indikator yang digunakan adalah elektroda selektif ion (ESI) yang mampu mendeteksi aktivitas ion tertentu dalam larutan yang diukur dengan sangat selektif [7]. ESI telah dikembangkan selama lebih dari 50 tahun untuk digunakan dalam berbagai bidang, diantaranya analisis klinis, analisis lingkungan, dan fisiologi [19]. Pengembangan pembuatan ESI dilakukan dengan menggunakan membran gelas hingga dengan membran *molecularly imprinted polymer* (MIP) [20-23]. ESI memiliki sensitivitas yang tinggi, sehingga pada proses analisis sampel yang berupa campuran tidak perlu dilakukan pemisahan terlebih dahulu [24].

Persamaan umum pada potensiometri untuk menentukan potensial elektroda dirumuskan sebagai berikut [25]:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{a(red)}{a(oks)} \quad (2.1)$$

Dimana R adalah tetapan gas (8,314 J/mol.K), T adalah suhu mutlak (K), F adalah tetapan Faraday (96.495 C/mol), n adalah muatan ion, $a(red)$ dan $a(oks)$ merupakan aktivitas spesi kimia bentuk oksidasi dan reduksi, sedangkan E^0 merupakan potensial reduksi standar. Apabila nilai R dan F dimasukkan pada persamaan (2.1) pada suhu 298,15 K, maka persamaan tersebut menjadi [25]:

$$E = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log \frac{a(red)}{a(oks)} \quad (2.2)$$

Potensial elektroda untuk analisis anion mengacu pada model elektroda Ag/AgCl, sehingga dapat ditentukan dengan persamaan [25]:

$$E_{ind} = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log [X^-] \quad (2.3)$$

Potensial sel pada elektroda membran merupakan potensial membran [E_b] yang dinyatakan dengan persamaan berikut [25]:

$$E_b = E_1 - E_2 \quad (2.4)$$

$$E_1 = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log [X^-]_{\text{analit}} \quad (2.5)$$

$$E_2 = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log [X^-]_{\text{membran}} \quad (2.6)$$

Maka potensial membran menjadi:

$$E_b = \frac{0,0592}{n} \log \frac{[X^-]_{\text{membran}}}{[X^-]_{\text{analit}}} \quad (2.7)$$

Potensial sel dapat dihitung dengan persamaan:

$$E_{\text{sel}} = E_{\text{indikator}} - E_{\text{pembanding}} \quad (2.8)$$

Dengan penurunan dari persamaan (2.7) dan (2.8), diperoleh persamaan potensial sel sebagai berikut:

$$E_{\text{sel}} = \frac{0,0592}{n} \log \frac{[X^-]_{\text{membran}}}{[X^-]_{\text{analit}}} - E_{\text{Ag/AgCl}} \quad (2.9)$$

$$E_{\text{sel}} = \frac{0,0592}{n} \log [X^-]_{\text{membran}} - \frac{0,0592}{n} \log [X^-]_{\text{analit}} - E_{\text{Ag/AgCl}} \quad (2.10)$$

Aktivitas anion dalam membran konstan dan potensial sel pada elektroda pembanding Ag/AgCl bernilai tetap, yaitu 0,222 V, sehingga:

$$E_{\text{sel}} = K - \frac{0,0592}{n} \log [X^-]_{\text{analit}} \quad (2.11)$$

$$\text{dengan } K = \frac{0,0592}{n} \log [X^-]_{\text{membran}} - E_{\text{Ag/AgCl}}$$

Persamaan (2.11) menunjukkan bahwa potensial sel berbanding lurus dengan logaritma konsentrasi analit dengan harga kemiringan 0,0592 yang disebut sebagai bilangan Nernst. Harga bilangan Nernst tergantung pada nilai n , yaitu setara dengan jumlah muatan ion [25].

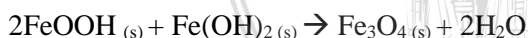
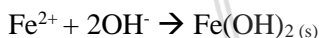
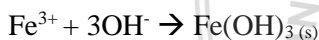
Komponen pada ESI terdiri dari konduktor, membran, dan larutan internal yang mengandung bahan aktif berupa ion yang sama dengan ion analit. Konduktor merupakan suatu material yang dapat menghantarkan listrik dengan mudah. Konduktor yang biasa digunakan pada ESI adalah kawat (Au, Pt, Cu) dan grafit (karbon) [8]. Konduktor dihubungkan dengan detektor sehingga beda potensial yang dihasilkan dapat terdeteksi [26]. Selektivitas ESI bergantung

pada bahan aktif yang ada didalam membran. Untuk membuat membran yang selektif, ion analit yang akan diukur ditambahkan pada membran sebagai bahan aktif dalam jumlah tertentu. Pada sensor potensiometri, membran berfungsi sebagai pengemban bahan aktif yang mempunyai konsentrasi tetap [6] serta sebagai pemisah antara bahan aktif yang terdapat dalam sensor potensiometri dan larutan analit [27]. Membran tersebut dilapiskan pada permukaan elektroda indikator dan dapat menghasilkan perbedaan potensial ketika mengalami kontak dengan analit, sehingga memberikan hasil yang lebih selektif. Membran yang digunakan pada sensor elektrokimia harus bersifat menghantarkan listrik (*conducting material*), tidak berpori, dan mempunyai kestabilan mekanik yang baik. Elektroda yang menggunakan membran disebut sebagai elektroda membran [6]. Bahan aktif dalam membran akan berinteraksi dengan ion analit dan menghasilkan potensial sel. Potensial sel yang dihasilkan merupakan potensial membran, yaitu beda potensial membran bagian luar yang mengalami kontak langsung dengan analit dan membran bagian dalam [25]. Elektroda membran harus memiliki konduktivitas rendah, sehingga beda potensial yang dihasilkan dari elektroda hanya interaksi antara bahan aktif dengan larutan analit [6].

Sensor potensiometri parasetamol pada penelitian ini menggunakan *Screen Printed Carbon Electrode* (SPCE) sebagai konduktor. SPCE merupakan elektroda karbon dalam bentuk lapis tipis yang terdiri dari elektroda indikator dan elektroda pembanding. Posisi elektroda indikator dan elektroda pembanding pada SPCE berdampingan [26]. Membran selektif PVA yang telah dibuat dilapiskan pada bagian elektroda indikator, sedangkan pada elektroda pembanding sudah terdapat Ag/AgCl. Membran selektif PVA dibuat dengan teknik *molecularly imprinted polymer* (MIP). *Molecularly imprinted polymer* (MIP) merupakan teknik polimerisasi untuk menghasilkan suatu polimer yang dapat digunakan sebagai pengemban dari suatu molekul. MIP disintesis dengan polimerisasi kimia dari monomer fungsional dan pereaksi pengikat silang beserta molekul analit [10]. PVA memiliki sifat mudah larut dalam air, memiliki kestabilan mekanik, fleksibel, mudah dibentuk menjadi film, dan tidak beracun [11]. Namun, untuk beberapa aplikasi PVA harus dimodifikasi agar tidak larut dalam air. Modifikasi PVA dilakukan dengan pembentukan ikatan silang atau penambahan segmen hidrofobik pada gugus hidroksil PVA [28]. Ikatan silang dapat mempengaruhi sifat mekanik dan hidrofilitas membran PVA [29].

Nanomaterial telah banyak dikembangkan sebagai sensor [30] karena memiliki rasio luas permukaan yang besar terhadap volume dan aktivitas elektroanalitik yang tinggi. Nanopartikel magnetit adalah satu jenis material nano yang telah banyak dikembangkan untuk berbagai aplikasi. Nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) memiliki konduktivitas yang baik dan toksisitas rendah [31]. Nanopartikel Fe_3O_4 dapat disintesis melalui kopresipitasi ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} oleh basa, biasanya NaOH atau $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ dalam air [32]. Salah satu metode sintesis nanopartikel Fe_3O_4 adalah dengan menggunakan FeSO_4 dan FeCl_3 . Larutan $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada rasio molar 1:1 ditambahkan ke dalam larutan NaOH 3 M hingga mencapai pH 11. Larutan NaOH yang digunakan dibuat dengan melarutkan NaOH dalam pelarut campuran iso-propanol dan air (pada rasio molar 1:1). Partikel magnetit yang terbentuk dipisahkan dari pelarut, kemudian dicuci dengan iso-propanol [33].

Reaksi kimia yang terjadi pada sintesis magnetit menggunakan garam *ferrous* dan garam *ferric* dalam kondisi basa adalah sebagai berikut [34]:



Reaksi yang terjadi secara keseluruhan adalah

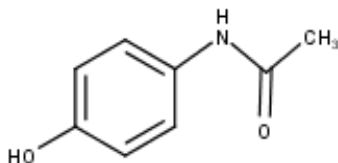


Hidrolisis dan dehidrasi garam Fe^{2+} dan Fe^{3+} terjadi selama nukleasi nano nanopartikel secara bersamaan. Selama hidrolisis yang terjadi pada pH 3, Fe^{3+} diendapkan sebagai ferrihidrit. Fe^{2+} bereaksi dengan ferrihidrit membentuk kompleks intermediet Fe^{2+} -ferrihidrit seiring dengan peningkatan pH. Faktor yang berperan penting dalam proses kristalisasi magnetit adalah mobilitas elektron yang tinggi antara Fe^{2+} dan Fe^{3+} [34].

1.2. Sensor Parasetamol

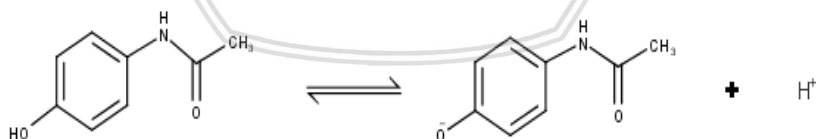
Parasetamol dengan nama lain asetaminofen memiliki nama IUPAC *N-(4-Hydroxyphenyl)acetamide* merupakan serbuk kristal putih dengan rasa sedikit pahit dan tidak berbau. Senyawa ini memiliki

rumus kimia $C_8H_9CO_2$ dengan berat molekul sebesar 151,16 g/mol. Parasetamol larut dengan mudah dalam etanol serta larut dalam air mendidih dan dalam natrium hidroksida (NaOH) 1 M [35]. Struktur kimia dari parasetamol ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur parasetamol[35]

Parasetamol merupakan senyawa elektroaktif yang dapat terdisosiasi dalam air sehingga dapat dideteksi oleh sensor potensiometri [9,16]. Pengukuran kadar parasetamol dengan sensor potensiometri dipengaruhi oleh perubahan pH karena parasetamol merupakan senyawa fenol tersubstitusi yang bersifat asam lemah dengan pKa sebesar 9,5 [15]. pKa menunjukkan proporsi spesi ionik yang berbeda dari suatu zat pada kondisi tertentu. Pada pH dibawah nilai pKa, parasetamol terdapat sebagai spesi netral, sedangkan pada pH diatas nilai pKa terjadi deprotonasi parasetamol [16]. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengaturan pH larutan agar diperoleh spesi yang dapat terukur oleh sensor. Reaksi deprotonasi parasetamol adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Deprotonasi parasetamol [16]

Sensor potensiometri parasetamol dikembangkan pada tahun 2008 oleh Saraswathyamma, dkk menggunakan elektroda membran cair PVC dan elektroda pasta karbon dengan Mn(III)Cl-tetrakis[3,5-bis(t-butyl)-phenyl]porphyrin (Mn(III)-porphyrin 1) sebagai *neutral host molecule*. Pengukuran dengan metode ini menggunakan larutan dengan pH 5,5. Pada pH tersebut parasetamol merupakan molekul

netral dan menghasilkan bilangan Nernst sebesar 45,7 mV/dekade dengan batas deteksi $3,9 \times 10^{-5}$. Penelitian ini menunjukkan bahwa suatu molekul dapat dideteksi secara potensiometri [9].



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari 2018 hingga Juni 2018.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Screen-printed carbon electrode* (SPCE), potensiometer, pH meter, konektor elektroda quasense, oven, termometer, pemanas, pengaduk magnetik dan peralatan gelas.

Bahan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquadem, parasetamol, etanol, NaOH, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, *Poly Vinyl Alcohol* (PVA), glutaraldehid 50%, asam sitrat, Tris(hydroxymethyl)aminomethane, HCl 0,1 M, NaHCO_3 , dan Na_2CO_3 .

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Pembuatan sensor parasetamol

- Preparasi parasetamol (**Lampiran B**)
- Pembuatan nanopartikel magnetit (Fe_3O_4) (**Lampiran C**)
- Pembuatan larutan membran PVA
- Pembuatan larutan uji parasetamol (**Lampiran E**)

3.3.2. Pengukuran potensial sel

- Pengaruh konsentrasi parasetamol dalam membran
- Karakterisasi sensor potensiometri parasetamol

3.4. Prosedur Kerja

3.4.1. Pembuatan larutan membran PVA

Parasetamol ditimbang sebanyak 0,1 g dan dilarutkan dalam 10 mL aquadem. PVA ditimbang sebanyak 0,5 g dan dilarutkan dalam 10 mL aquadem. Larutan PVA dipanaskan dan diaduk hingga larut. Asam sitrat ditimbang sebanyak 0,5 g dan dilarutkan dalam 10 mL aquadem. Larutan glutaraldehid 50% sebanyak 0,8 mL ditambah dengan pelarut campuran air dan etanol 1:1 hingga volume 10 mL.

Nanopartikel Fe_3O_4 ditimbang sebanyak 0,05 g dan disuspensikan dalam 1 mL larutan PVA.

Tabel 3.1 Komposisi Membran PVA-nanopartikel Fe_3O_4 :
Parasetamol 1% (w/w)

Bahan	Massa	Volume
PVA	45 mg	0,9 mL
Asam Sitrat	5 mg	0,1 mL
Glutaraldehyd	4 mg	0,1 mL
Nanopartikel Fe_3O_4	1,15 mg	23 μL
Parasetamol	0,55 mg	55 μL
Total	55,7 mg	1,178 mL

Tabel 3.2 Komposisi Membran PVA-nanopartikel Fe_3O_4 :
Parasetamol 2% (w/w)

Bahan	Massa	Volume
PVA	45 mg	0,9 mL
Asam Sitrat	5 mg	0,1 mL
Glutaraldehyd	4 mg	0,1 mL
Nanopartikel Fe_3O_4	1,15 mg	23 μL
Parasetamol	1,13 mg	113 μL
Total	56,28 mg	1,236 mL

Tabel 3.3 Komposisi Membran PVA-nanopartikel Fe_3O_4 :
Parasetamol 3% (w/w)

Bahan	Massa	Volume
PVA	45 mg	0,9 mL
Asam Sitrat	5 mg	0,1 mL
Glutaraldehyd	4 mg	0,1 mL
Nanopartikel Fe_3O_4	1,15 mg	23 μL
Parasetamol	1,71 mg	171 μL
Total	56,86	1,294 mL

Larutan parasetamol diambil sebanyak 55 μL ; 113 μL ; dan 171 μL kemudian ditambahkan ke dalam tiga larutan membran yang berbeda. Larutan membran terdiri dari campuran larutan PVA 5%

sebanyak 0,9 mL, larutan asam sitrat 5% sebanyak 0,1 mL, larutan glutaraldehid 4% sebanyak 0,1 mL dan suspensi nanopartikel Fe_3O_4 sebanyak 23 μL .

3.4.2. Pengaruh kadar parasetamol (w/w) dalam membran

Membran PVA-nanopartikel Fe_3O_4 :parasetamol dilapiskan pada permukaan elektroda karbon dari SPCE sebanyak 5 μL . Selanjutnya elektroda dikeringkan dalam oven dengan suhu 50°C selama 2 jam. Elektroda yang telah dibuat dihubungkan dengan kutub positif pada potensiometer dan elektroda pembanding Ag/AgCl dihubungkan pada kutub negatif. Pengukuran potensial sel larutan parasetamol dilakukan dengan meneteskan larutan parasetamol sebanyak 50 μL pada permukaan kedua elektroda (elektroda indikator dan elektroda pembanding). Pengukuran potensial sel dilakukan secara berturut – turut pada kisaran konsentrasi parasetamol 10^{-9} - 10^{-2} M dengan menggunakan elektroda dengan konsentrasi parasetamol pada membran yang berbeda - beda. Potensial sel dibaca setiap 10 detik selama 3 menit. Data yang diperoleh dibuat kurva hubungan antara potensial sel dan $-\log[\text{parasetamol}]$.

3.4.3. Penentuan pH kerja

Elektroda indikator yang telah dibuat dihubungkan dengan kutub positif pada potensiometer, sedangkan elektroda pembanding Ag/AgCl dihubungkan pada kutub negatif. Pengukuran potensial sel larutan parasetamol dilakukan dengan meneteskan larutan parasetamol sebanyak 50 μL pada permukaan kedua elektroda (elektroda indikator dan elektroda pembanding). Pengukuran potensial sel dilakukan dengan menggunakan konsentrasi 10^{-9} – 10^{-2} M pada pH 7, 8, 9, 10, dan 11. Potensial sel dibaca setiap 10 detik selama 3 menit. Elektroda yang digunakan adalah elektroda dengan konsentrasi parasetamol dalam membran yang optimum. Data yang diperoleh dibuat kurva hubungan antara potensial sel dan $-\log[\text{parasetamol}]$.

3.4.4. Karakterisasi sensor parasetamol

Karakterisasi sensor parasetamol dilakukan pada konsentrasi parasetamol 10^{-4} ; 10^{-5} ; 10^{-6} ; 10^{-7} ; 10^{-8} ; dan 10^{-9} M. Karakterisasi menggunakan elektroda dengan konsentrasi parasetamol dan pH yang optimum. Elektroda yang telah dibuat berfungsi sebagai katoda dan dihubungkan ke kutub positif, sedangkan elektroda pembanding Ag/AgCl sebagai anoda dihubungkan ke kutub negatif. Pengukuran

potensial sel dilakukan mulai dari larutan dengan konsentrasi terendah hingga konsentrasi tertinggi. Potensial sel dibaca setiap 10 detik selama 3 menit. Data yang diperoleh dibuat kurva hubungan antara potensial sel dan $-\log[\text{parasetamol}]$ untuk menentukan kinerja sensor yang terdiri dari bilangan Nernst, kisaran konsentrasi, dan waktu respon.

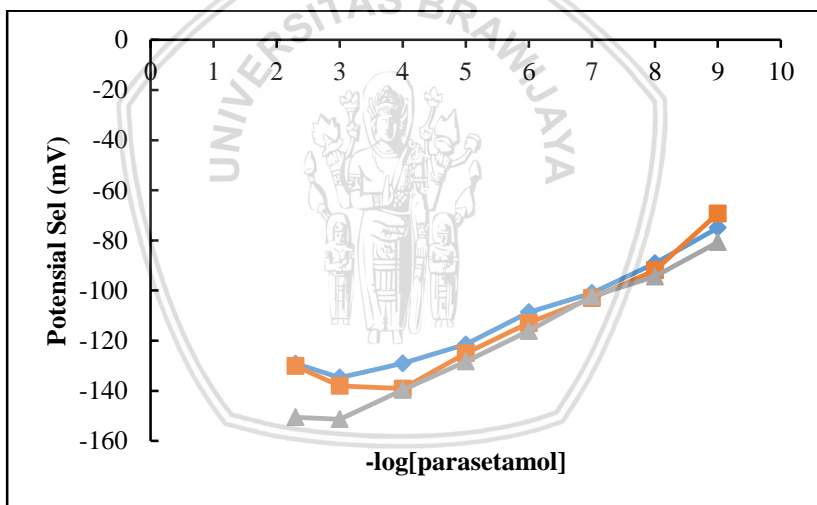


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Jumlah Parasetamol sebagai Bahan Aktif dalam Membran terhadap Bilangan Nernst

Berdasarkan prosedur 3.4.1 dihasilkan membran PVA berupa membran transparan yang fleksibel dan tidak larut dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa ikatan silang antar molekul PVA pada membran dengan glutaraldehid sebagai pengikat silang telah terbentuk. Selanjutnya dipelajari pengaruh jumlah parasetamol sebagai bahan aktif dalam membran selektif PVA terhadap bilangan Nernst sesuai dengan prosedur 3.4.2. Pengukuran dilakukan pada pH 7 tanpa pengaturan pH. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva hubungan potensial sel dengan $-\log[\text{parasetamol}]$ elektroda dengan kadar parasetamol 1% (◆), 2% (■), dan 3% (▲)

Pada Gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara potensial sel dengan $-\log[\text{parasetamol}]$ yang sama untuk setiap elektroda, yaitu potensial sel berbanding lurus dengan $-\log[\text{parasetamol}]$ sehingga spesi yang terukur oleh sensor potensiometri parasetamol adalah anion. Bilangan Nernst menunjukkan kepekaan sensor potensiometri terhadap analit. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa bilangan Nernst berbanding lurus dengan

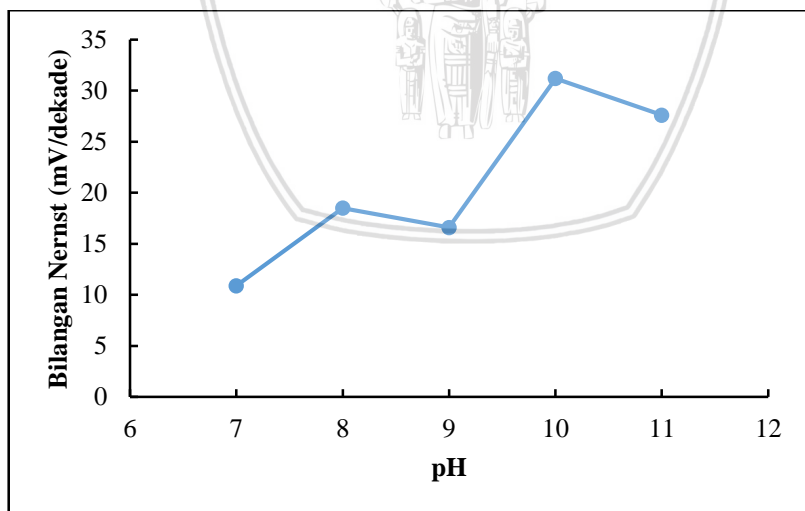
pertambahan jumlah bahan aktif. Bilangan Nernst yang dihasilkan pada pengukuran ini belum mendekati nilai teoritis. Hal ini disebabkan pada pH 7 fraksi ion parasetamol dalam larutan hanya sebesar 0,003 sehingga bilangan Nernst sangat kecil.

Tabel 4.1 Pengaruh kadar parasetamol dalam membran terhadap bilangan Nernst

Kadar Parasetamol Dalam Membran (w/w)	Jumlah Mol Parasetamol (mol)	Bilangan Nernst (mV/Dekade)
1%	$1,5 \times 10^{-8}$	8,7
2%	$3,0 \times 10^{-8}$	9,6
3%	$4,5 \times 10^{-8}$	11,0

4.2. Karakterisasi Sensor Potensiometri Parasetamol

Karakterisasi sensor parasetamol yang pertama adalah penentuan pH kerja sesuai dengan prosedur 3.4.3. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva hubungan antara pH dengan bilangan Nernst

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat diketahui bahwa pH berpengaruh terhadap bilangan Nernst. Pada pengukuran pH 7 hingga

8 bilangan Nernst meningkat, namun mengalami penurunan pada pH 9 dan meningkat kembali pada pH 10 kemudian menurun pada pH 11. Peningkatan nilai bilangan Nernst pada pH 7, 8, dan 10 disebabkan oleh semakin banyak ion parasetamol dalam larutan.

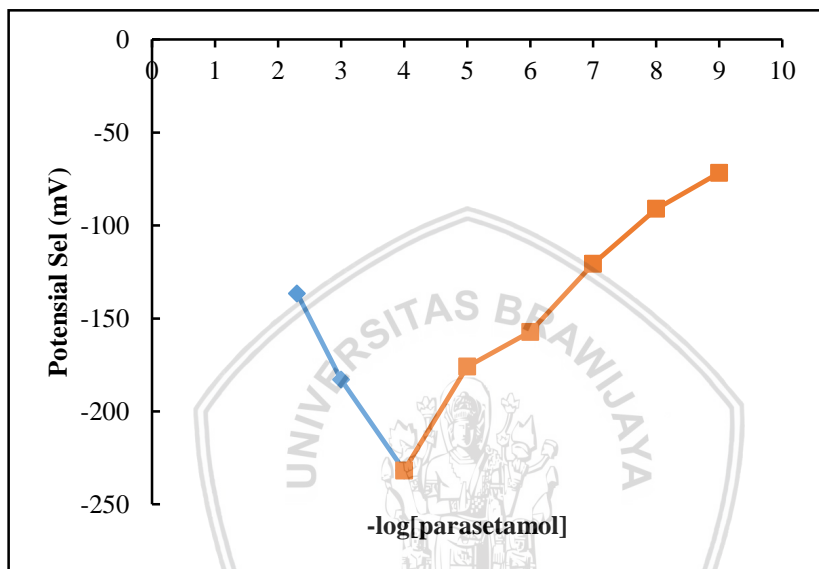
Tabel 4.2 Perbandingan nilai bilangan Nernst sensor parasetamol pada pengukuran larutan parasetamol dalam NaOH pH 7, 8, 9, 10, dan 11

pH	α Ion Parasetamol	Bilangan Nernst (mV/Dekade)
7	0,003	10,9
8	0,03	18,5
9	0,24	16,6
10	0,76	31,2
11	0,97	27,6

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa bilangan Nernst berbanding lurus dengan penambahan jumlah ion parasetamol. Bilangan Nernst yang paling rendah dihasilkan pada pH 7 karena memiliki nilai α yang paling kecil. Pada pH 8 terjadi kenaikan nilai bilangan Nernst karena jumlah ion parasetamol bertambah yang ditandai dengan meningkatnya nilai α . Pada pH 9 jumlah ion parasetamol bertambah, tetapi terjadi penurunan bilangan Nernst. Pada pH 10 terjadi kenaikan nilai bilangan Nernst yang cukup tinggi karena penambahan jumlah ion parasetamol yang telah melebihi jumlah molekul parasetamol. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa spesi yang terukur oleh sensor potensiometri parasetamol adalah ion parasetamol. Bilangan Nernst pada pH 7, 8 dan 9 bernilai sangat kecil karena pada pH tersebut jumlah ion parasetamol sangat sedikit. Bilangan Nernst yang paling tinggi dihasilkan pada pH 10, yaitu 31,2 mV/dekade.

Kisaran konsentrasi diketahui berdasarkan kenaikan potensial sel secara signifikan dan menghasilkan bilangan Nernst yang mendekati nilai teoritis. Berdasarkan Gambar 4.3 diperoleh dua pola dari pengukuran potensial sel larutan parasetamol pada pH 10. Pola pertama diperoleh pada kisaran konsentrasi $10^{-4} - 5 \times 10^{-3}$ M menunjukkan bahwa $-\log[\text{parasetamol}]$ berbanding terbalik dengan

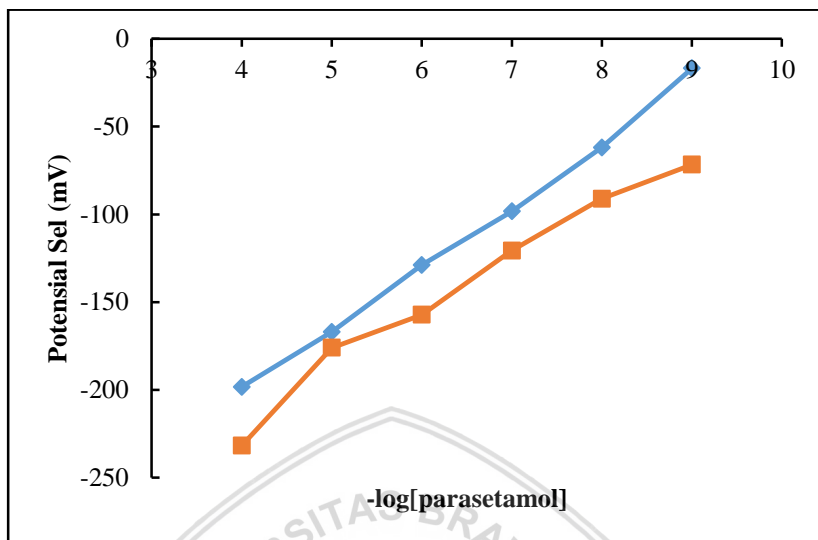
potensial sel. Hal ini tidak sesuai dengan persamaan Nernst yang menunjukkan bahwa pada pengukuran anion, potensial sel berbanding lurus dengan $-\log[\text{parasetamol}]$. Pola kedua yang diperoleh pada kisaran konsentrasi $10^{-9} - 10^{-4}$ M menunjukkan hubungan berbanding lurus antara potensial sel dengan $-\log[\text{parasetamol}]$.



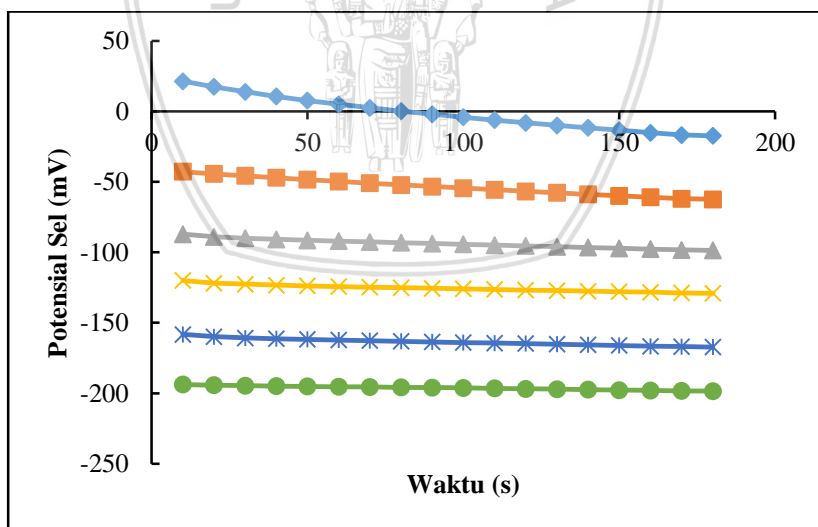
Gambar 4.3 Kurva hubungan antara potensial sel (mV) dengan $-\log[\text{parasetamol}]$ hasil pengukuran larutan parasetamol pada pH 10 dalam NaOH

Penentuan bilangan Nernst dilakukan dengan pengukuran potensial sel parasetamol pada pH 10. Pengaturan pH dilakukan dengan menggunakan buffer karbonat. Berdasarkan pengukuran tersebut, diperoleh nilai bilangan Nernst sebesar 35,8 mV/dekade. Hasil ini berbeda dengan pengukuran larutan parasetamol dalam NaOH pada pH 10.

Waktu respon dapat diketahui dengan cara mengukur larutan parasetamol pada kisaran konsentrasi yang telah diketahui dengan sensor yang telah dibuat. Saat larutan parasetamol mulai diukur dengan sensor parasetamol, nilai potensial sel akan terus berubah hingga mencapai nilai yang konstan. Data hasil pengukuran kemudian dibuat kurva hubungan antara potensial sel dengan waktu yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Kurva hubungan antara potensial sel dengan $-\log[\text{parasetamol}]$ pengukuran larutan parasetamol pH 10 dalam buffer karbonat (♦) dan NaOH (■)



Gambar 4.5 Kurva hubungan antara potensial sel dengan waktu (♦ = 10^{-9} M ; ■ = 10^{-8} M ; ▲ = 10^{-7} M ; × = 10^{-6} M ; * = 10^{-5} M ; ● = 10^{-4} M)

Berdasarkan Gambar 4.5 waktu respon untuk setiap konsentrasi memiliki nilai yang berbeda. Pada konsentrasi $10^{-7} - 10^{-4}$ M potensial sel larutan parasetamol sudah konstan pada detik ke 110, sedangkan pada konsentrasi yang lebih kecil, yaitu $10^{-9} - 10^{-8}$ M, potensial sel konstan pada detik ke 170. Dengan demikian, konsentrasi berpengaruh terhadap waktu respon. Waktu respon untuk semua konsentrasi larutan parasetamol adalah 170 detik.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar parasetamol sebagai bahan aktif dalam membran berbanding lurus dengan nilai bilangan Nernst. Bilangan Nernst yang paling tinggi dihasilkan oleh sensor dengan kadar parasetamol 3%.
2. Sensor parasetamol yang telah dibuat menunjukkan kinerja terbaik pada pengukuran dengan pH 10. Kinerja sensor parasetamol tersebut adalah bilangan Nernst sebesar 35,8 mV/dekade pada kisaran konsentrasi 10^{-9} – 10^{-4} M dengan waktu respon 170 detik.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai komposisi membran PVA terikat silang glutaraldehyd dan asam sitrat sebagai membran selektif pada sensor agar diperoleh membran yang baik sehingga dapat meningkatkan kinerja sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] El Bouabi, Y., A. Farahi., N. Labjar., S. El Hajjaji., M. Bakasse., dan M. A. Mohammadi., (2016), **Square Wave Voltammetric Determination of Paracetamol at Chitosan Modified Carbon Paste Electrode: Application in Natural Water Samples, Commercial Tablets and Human Urines**, *Material Science and Engineering*, 58, 70-77
- [2] Tjay, T. H. dan K. Rahardja., (2007), **Obat-obat Penting: Kasiat, Penggunaan dan Efek-efek Sampingnya**, Elex Media Komputindo, Jakarta
- [3] Huang, T., C. Kung., H. Wei., K. M. Boopathi., C. Chu., dan K. Ho., (2014), **A High Performance Electrochemical Sensors For Acetaminophen Based On A rGO-PEDOT Nanotube Composite Modified Electrode**, *J. Mater. Chem. A*, 2, 7229-7237
- [4] Tulandi, G. P., S. Sudewi., dan W. A. Lolo., (2015), **Validasi Metode Analisis Untuk Penetapan Kadar Parasetamol dalam Sediaan Tablet Secara Spektrofotometri Ultraviolet**, *Pharmocoon Jurnal Ilmiah Farmasi UNSRAT*, 4 (4), 2302-2493
- [5] Naid, T., S. Kasim., dan M. Pakaya., (2011), **Penetapan Kadar Parasetamol Dalam Tablet Kombinasi Parasetamol dengan Kafein Secara Spektrofotometri Ultraviolet-Sinar Tampak**, *Majalah Farmasi dan Farmakologi*, 15 (2), 77-82
- [6] Wang, J., (2006), *Analytical Electrochemistry*, John Wiley & Sons, New Jersey, 10
- [7] Lan, W., X. U. Zou., M. M. Hamedi., J. Hu., C. Parolo., E. J. Maxwell., P. Buhlmann., dan G. M. Whitesides., (2014), **Paper-Based Potentiometric Ion Sensing**, *Anal. Chem.*, 86, 9548-9553

- [8] Alva, S., L.Y. Heng dan M. Ahmad, (2006), **Screen-Printed Potassium Ion Sensor Fabricated from Photocurable and Self Plasticized Acrylic Film**, *Journal of Physical Science*, 17 (2), 141–150.
- [9] Saraswathyamma, B., M. Pajak., J. Radecki., W. Maes., W. Dehaen., K. G. Kumar., dan H. Radecka., (2008), **PVC Supported Liquid Membrane and Carbon Paste Potentiometric Sensors Incorporating a Mn(III)-Porphyrin for the Direct Determination of Undissociated Paracetamol**, *Electroanalysis* 20, 18, 2009-2015
- [10] Tehrani, M. S., M. T. Vardini., P. A. Azar., dan S. W. Husain., (2010), **Molecularly Imprinted Polymer Based PVC-Membrane-Coated Graphite Electrode for the Determination of Metoprolol**, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 5, 88-104
- [11] Piluharto, B., A. Sjaifullah., I. Rahmawati., dan E. Nurhianto., (2017), **Membran Blend Kitosan/Poli Vinil Alkohol (PVA): Pengaruh Komposisi Material Blend, pH, Dan Konsentrasi Bahan Pengikat Silang**, *Jurnal Kimia Riset*, 2 (2), 77-85
- [12] Figueiredo, T. L. M. Alves., dan C. P. Borges., (2008), **Poly(vinyl alcohol) Films Crosslinked by Glutaraldehyde Under Mild Conditions**, *Journal of Applied Polymer Science*, 111, 3074–3080
- [13] Yeom, C. dan K. Lee., (1995), **Pervaporation Separation Of Water-Acetic Acid Mixtures Through Poly(Vinyl Alcohol) Membranes Crosslinked With Glutaraldehyde**, *Journal of Membrane Science*, 109, 257-265
- [14] Aragay, G. dan A. Merkoci., (2012), **Nanomaterials Application In Electrochemical Detection Of Heavy Metals**, *Electrochimica Acta*, 84, 49-61
- [15] Cairns, D., (2009), *Intisari Kimia Farmasi*, EGC, Jakarta

- [16] Acharya, B. dan P. K. Behera., (2012), **Effect of Mixed Solvent and Surfactants on the Dissociation Constant of Paracetamol**, *International Journal of Creative Mathematical Sciences & Technology (IJCMST)*, 2(1), 47-53
- [17] Mulyasuryani, A., Q. Fardiyah., dan R. Sugiri., (2007), **Perancangan Elektroda Selektif Ion Iodat Menggunakan Perak Iodat sebagai Bahan Aktif dalam Kitosan sebagai Pendukung**, *Indo. J. Chem.*, 7 (3), 284-288
- [18] Wroblewski, W., 2005, **Ion-selective Electrodes**, www.csrg.ch.pw.edu.pl, diakses 4 Januari 2018
- [19] Hu, J., A. Stein., dan P. Buhlmann., (2016), **Rational Design Of All-Solid-State Ion-Selective Electrodes And Reference Electrodes**, *Trends in Analytical Chemistry*, 76, 102–114
- [20] Panggabean, A. S., F. Ayu., S. Mulyono., dan I. Mandang., (2015), **Penentuan Komposisi Optimum Dan Karakterisasi Membran Elektroda Selektif Ion Cu^{2+}** , *Prosiding SEMIRATA bidang MIPA BKS-PTN Barat*, 268 – 276
- [21] Jalali, F., E. Arkan., dan G. Bahrami., (2007), **Preparation Of A Gabapentin Potentiometric Sensor And Its Application To Pharmaceutical Analysis**, *Sensors and Actuators B*, 127, 304–309
- [22] Bakeman, N., I. M. Isa., N. M. Ali., M. Ahmad., dan S. A. Ghani., (2012), **A Novel Potentiometric Membrane Sensor for Determination of Glutamate Based on [4](1)(2,3-Diazabuta-1,3- diene) ferrocenophane**, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7, 4574 – 4584
- [23] Khasanah, M., H. Darmokoesoemo., dan N. Widayanti., (2016), **Pengembangan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Molecularly Imprinted Polymer Sebagai Sensor Potensiometri Untuk Asam Urat**, *Journal Kimia Riset*, 1 (2), 65-72

- [24] Kurniati, K., Atikah., dan H. Sulistyarti., (2013), **Karakterisasi Elektroda Selektif Ion (Esi) Rodamina B Bermembran Polimer Campuran Pvc – Dop Dengan Kitosan Sebagai Carrier**, *Sains dan Terapan Kimia*, 7 (1), 1-9
- [25] Mulyasuryani, A., (2012), *Elektroanalitik Dasar dan Aplikasi*, DeePublish, Yogyakarta, 25-33
- [26] Parkash, O., C. Y. Yean., dan R. H. Shueb., (2014), **Screen Printed Carbon Electrode Based Electrochemical Immunosensor for the Detection of Dengue NS1 Antigen**, *Diagnostics*, 4, 165-180
- [27] Mulder, M., (1991), *Basic Principles of Membranes Technology*, Springer Science + Business Media, Dordrecht
- [28] Wang, Y. dan Y. Hsieh., (2009), **Crosslinking of Polyvinyl Alcohol (PVA) Fibrous Membranes with Glutaraldehyde and PEG Diacylchloride**, *Journal of Applied Polymer Science*, 116, 3249-3255
- [29] Kim, K., S. Lee., dan N. Han., (1994), **Kinetics Of Crosslinking Reaction Of Pva Membrane With Glutaraldehyde**, *Korean. J. of Chem. Eng.*, 11 (1), 41-47
- [30] Montoya, P., S. Mejia., V. R. Gonzales., S. I. Cordoba de Torresi., dan J. A. Calderon., (2015), **Performance Improvement Of Macroporous Polypyrrole Sensor Fordetection Of Ammonia By Incorporation Of Magnetite Nanoparticles**, *Sensors and Actuators B*, 213, 444-451
- [31] Jin-lei, Z., T. Xue-cai., Z. Dan-dan., T. Sheng-wei., L. Li., W. Lin., dan H. Zeng-wei., (2011), **Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles Modified Electrode as a Sensor for Determination of Nimesulide**, *Chem. Res. Chinese Universities*, 27 (4), 566-569
- [32] Sun, S. dan H. Zeng., (2002), **Size-Controlled Synthesis of Magnetite Nanoparticles**, *J. Am. Chem. Soc.*, 124, 8204-8205

- [33] Balacianu, F. D., A. C. Nechifor, R. Bartos, S. I. Voicu, dan G. Nechifor, (2009), **Synthesis And Characterization Of Fe₃O₄ Magnetic Particles-Multiwalled Carbon Nanotubes By Covalent Functionalization**, *Optoelectronics And Advanced Materials – Rapid Communications*, 3 (3), 219-222
- [34] Rajput, S., C. U. Pittman Jr., dan D. Mohan, (2016), **Magnetic Magnetite (Fe₃O₄) Nanoparticle Synthesis And Applications For Lead (Pb²⁺) And Chromium (Cr⁶⁺) Removal From Water**, *Journal of Colloid and Interface Science*, 468, 334–346
- [35] Arum, I. P. S., D. H. Effendi., dan S. Hamdani, (2015), **Pengembangan Metode Analisis Parasetamol dalam Daging Bebek Menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi**, *Prosiding Penelitian Sivitas Akademika UNISBA (Kesehatan dan Farmasi)*, 37-44

